การคาดการณ์น้ำท่วมแบบ Near Real Time (NRT) สำหรับลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ ด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า-น้ำหลาก

Near Real Time (NRT) Flood Forecasting for the Great Chao Phraya River Basin using Rainfall-Runoff-Inundation Model

พงษ์สิทธิ์ ผลสมบูรณ์[1,*] และ อนุรักษ์ ศรีอริยวัฒน์[2]

[1,2] ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.กรุงเทพมหานคร

**Corresponding author; E-mail address: pongsit.polsomboon@gmail.com*

บทคัดย่อ

อุทกภัยเป็นสาธารณภัยที่เกิดจากฝนตกหนัก และฝนตกสะสมเป็นเวลานาน ซึ่งสร้างความเสียหายต่อระบบเศรษฐกิจ สังคม และระบบนิเวศน์อย่างมาก สำหรับประเทศไทย ในระยะหลังปัญหาอุทกภัยเริ่มมีความรุนแรงขึ้น มีมูลค่าความเสียหายสูงมากขึ้น โดยอุทกภัยที่มีความสูญเสียมากที่สุด คือ มหาอุทกภัย ปี พ.ศ. 2554 ที่มีมูลค่าความเสียหายสูงถึง 1.44 ล้านล้านบาท สำหรับการคาดการณ์น้ำท่วมแบบ Near-Real-Time (NRT) จะมีส่วนช่วยในการลดความรุนแรง บรรเทาผลกระทบและความสูญเสียที่จะเกิดขึ้นได้ ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนวทางการคาดการณ์น้ำท่วมแบบ Near Real Time ในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ ด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า-น้ำหลาก (RRI model) โดยขั้นแรกจะทำการจำลองระดับน้ำ อัตราการไหลในแม่น้ำ และความสูงน้ำท่วมจากข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด เช่น ปริมาณน้ำฝน การระเหย และการปล่อยเขื่อน เป็นต้น จากนั้นนำข้อมูลน้ำฝนพยากรณ์ล่วงหน้า 10 วันของกรมอุตุนิยมวิทยา และผลที่ได้จากขั้นแรกมาใช้ในการคาดการณ์น้ำท่วม ซึ่งกราฟน้ำท่าและแผนที่น้ำท่วมที่ได้จากการคาดการณ์น้ำท่วมแบบ Near Real Time จะถูกนำไปใช้ในการเตือนภัยล่วงหน้าซึ่งอาจช่วยลดความเสียหายจากน้ำท่วมได้ อย่างไรก็ตาม แบบจำลอง NRT Flood Forecasting ยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่ ซึ่งอาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนสะสม ดังนั้นในการศึกษาเบื้องต้นนี้จะนำไปสู่การพัฒนาต่อไปให้มีความถูกต้องและแม่นยำยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: การคาดการณ์น้ำท่วมแบบ Near Real Time, ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่, แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า-น้ำหลาก

Abstract

A flood is a major natural disaster that causes severe A flood is a major natural disaster caused by heavy rainfall and rain accumulated for a long time that causes severe problems and extensive damage to socio-economic and ecological systems. The flood problem has become more severe in Thailand, with higher damage value. The World Bank's estimate for the 2011 Thailand flood has estimated 1,425 trillion baht in economic damages and losses. Near-Real-Time (NRT) flood forecasting is crucial to avoid damage from flood disasters. This study proposes an NRT flood forecasting approach in the Great Chao Phraya River Basin, Thailand. The Rainfall-Runoff-Inundation model first simulated river discharge and inundation depth from observed data such as rainfall, evaporation, and dam release. Then, 10-day forecasted rainfall from the Thai Meteorological Department (TMD) and previous results were used to simulate flood forecasting. The discharge hydrograph and flood inundation map from the NRT flood forecasting model provide flood forecasting to reduce the emergency response time to flood disasters to minimize flood damage in the Chao Phraya River Basin, Thailand. However, the NRT flood forecasting model had an error in the flood simulations that could be coming from the systematic accumulated errors in the model. Therefore, this preliminary study will lead to further development with more accuracy and precision.

Keywords: Near Real Time (NRT) Flood Forecasting, the Great Chao Phraya River Basin, Rainfall-Runoff-Inundation model

1. บทนำ

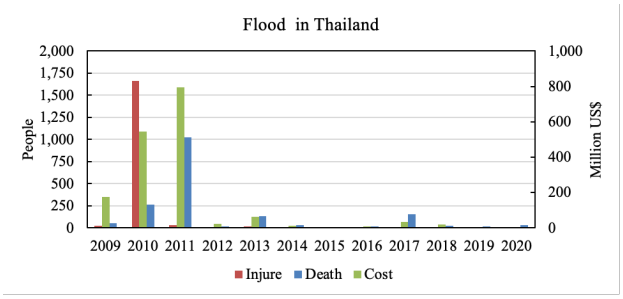
อุทกภัยเป็นสาธารณภัยที่เกิดจากฝนตกหนัก และฝนตกสะสมเป็นเวลานาน ทำให้เกิดน้ำป่าไหลหลาก น้ำท่วมฉับพลัน น้ำท่วมขัง และน้ำล้นตลิ่ง [1] สำหรับประเทศไทยในระยะหลังปัญหาอุทกภัยเริ่มมีความรุนแรงขึ้น มีมูลค่าความเสียหายสูงมากขึ้น จากสถิติในช่วง 30 ปีที่ผ่านมาประเทศไทยประสบปัญหาอุทกภัยใหญ่ประมาณ 69 เหตุการณ์ [2] โดยอุทกภัยที่มีความสูญเสียมากที่สุด คือ มหาอุทกภัย ปี พ.ศ. 2554 ในพื้นที่ 64 จังหวัด และกรุงเทพมหานคร มีผู้เดือดร้อน 5,247,125 ครัวเรือน จำนวน

16,224,302 คน เสียชีวิต 1,026 คน รวมมูลค่าความเสียหายสูงถึง 1.44 ล้านล้านบาท [3] ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยสาเหตุหลักของอุทกภัยในประเทศไทย ได้แก่ ลมมรสุม (ลมตะวันตกเฉียงใต้ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงกันยายน และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงเดือนตุลาคมถึงธันวาคม) รวมถึงหย่อมความกดอากาศต่ำ และพายุหมุนเขตร้อน (ดีเปรสชั่น, โซนร้อน และไต้ฝุ่น) นอกจากนี้ยังมีสาเหตุอื่นๆ ที่ไม่ได้เกิดขึ้นจากธรรมชาติ เช่น อ่างเก็บน้ำหรือเขื่อนแตก เป็นต้น

อุทกภัยเป็นภัยทางธรรมชาติที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดขึ้นได้ แต่สามารถหาวิธีลดความรุนแรงและบรรเทาผลกระทบและความสูญเสียที่จะเกิดได้ สำหรับแนวทางในการป้องกันอุทกภัยประกอบไปด้วย มาตรการที่นำสิ่งก่อสร้างมาใช้ลดขนาดความรุนแรงของน้ำท่วม เช่น การปรับปรุงสภาพลำน้ำ การใช้อ่างเก็บน้ำ เขื่อนและพนังกั้นน้ำ เป็นต้น นอกจากนั้นยังมีมาตรการที่ไม่ใช้สิ่งก่อสร้างซึ่งประกอบไปด้วยมาตรการสำหรับการป้องกันความเสียหายและการบรรเทาทุกข์ เช่น การวางผังเมือง การพยากรณ์และเตือนภัยน้ำท่วม เป็นต้น [4-6] โดยในปัจจุบันระบบการแจ้งเตือนภัยน้ำท่วมของประเทศไทยมีหน่วยงานหลักที่รับผิดชอบอยู่ 7 หน่วยงาน ได้แก่ สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (สทนช.), กรมอุตุนิยมวิทยา, กรมชลประทาน, กรมทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรน้ำศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ และกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ซึ่งส่วนใหญ่จะเตือนภัยจากข้อมูลพายุที่จะพัดเข้ามาในพื้นที่ ปริมาณฝน หรือระดับน้ำในแม่น้ำ เป็นต้น โดยยังไม่มีการคาดการณ์น้ำท่วมที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้า

แบบจำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff model) เป็นการจำลองพฤติกรรมทางกายภาพของลำน้ำ ซึ่งจำลองมาจากปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ ซึ่งสามารถจำแนกตามความแตกต่างของแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าได้ตามโครงสร้างของแบบจำลอง และพารามิเตอร์ที่ใช้ โดยแบ่งออกเป็น Lumped model, Semi-Distributed model และ Distributed model อย่างไรก็ตามยังสามารถจำแนกประเภทของแบบจำลองเป็นแบบ empirical model, conceptual models และ physically based models ในการเลือกประเภทของแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าในการศึกษานั้นจึงต้องพิจารณาถึงจุดประสงค์ของการศึกษา และข้อจำกัดต่างๆ ในแต่ละพื้นที่ เพื่อเลือกใช้แบบจำลองให้มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด แบบจำลอง 2 มิติถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการจำลองพื้นที่น้ำท่วม เพื่อการวางแผนบรรเทาอุทกภัยและแผนฉุกเฉินในช่วงน้ำท่วม เช่น Rainfall-Runoff-Inundation model (RRI model) ถูกนำมาใช้ในจำลองปริมาณน้ำฝน น้ำท่า และพื้นที่น้ำท่วมในหลายประเทศรวมถึงประเทศไทยด้วย [7-13]

Hanasaki et al. [14] ได้พัฒนาระบบอุทกวิทยากึ่งเรียลไทม์ (quasi-real-time hydrological) ในจำลองการพยากรณ์น้ำท่วมในแม่น้ำเจ้าพระยาด้วยข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ตรวจวัดจากสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติ (AWS) ของกรมอุตุนิยมวิทยา และใช้ข้อมูลการแผ่รังสีจากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาทั่วโลกของ Japan Meteorological Agency (JMA) Climate Data Assimilation System และได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง H08 สำหรับการจำลองทางอุทกวิทยา โดยสามารถจำลองกราฟน้ำรายเดือนที่สถานี C.2 (จังหวัดนครสวรรค์) และสถานีวัดตามแม่น้ำสายสำคัญอื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการติดตามน้ำท่วมแบบกึ่งเรียลไทม์และการพยากรณ์พื้นฐานได้ อย่างไรก็ตามแบบจำลองนี้ ใช้งานได้เฉพาะในวันที่ 30 กันยายน 2013 หรือวันที่มีข้อมูลล่าสุดเท่านั้น ผลลัพธ์ของแบบจำลอง H08 แสดงเฉพาะอัตราการไหลในแม่น้ำเท่านั้นซึ่งไม่ได้แสดงพื้นที่น้ำท่วม ดังนั้นการศึกษานี้จึงเสนอแนวทางการพยากรณ์น้ำท่วมแบบ NRT จากปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ล่วงหน้า 10 วันของกรมอุตุนิยมวิทยา โดยจะพยากรณ์ในทุกวันเพื่อลดเวลาในการตอบสนองต่อภัยพิบัติจากน้ำท่วมและลดความเสียหายจากน้ำท่วมในลุ่มน้ำเจ้าพระยาประเทศไทย



รูปที่ 1 สถิติความเสียหายจากอุทกภัย พ.ศ.2552-2556 [1]

2. วิธีการศึกษา

2.1 พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ เป็นลุ่มน้ำประกอบลุ่มน้ำย่อย 8 ลุ่มน้ำ ได้แก่ ลุ่มน้ำปิง, ลุ่มน้ำวัง, ลุ่มน้ำยม, ลุ่มน้ำน่าน, ลุ่มน้ำเจ้าพระยา, ลุ่มน้ำสะแกกรัง, ลุ่มน้ำป่าสัก และลุ่มน้ำท่าจีน พื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้นประมาณ 158,492 ตร.กม. [15] ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยมีแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแม่น้ำสายหลักไหลผ่าน ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของแม่น้ำ 4 สาย ได้แก่ แม่น้ำปิง แม่น้ำวัง แม่น้ำยม และแม่น้ำน่าน มี โดยแม่น้ำปิงกับแม่น้ำวังไหลมาบรรจบกันที่อำเภอบ้านตาก จังหวัดตาก รวมกันเป็นแม่น้ำปิง และแม่น้ำยมกับแม่น้ำน่านไหลมาบรรจบกันที่อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ รวมกันเป็นแม่น้ำน่าน หลังจากนั้นแม่น้ำปิงกับแม่น้ำน่านไหลมาบรรจบกันที่ปากน้ำโพ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ รวมกันเป็นแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งไหลผ่านจังหวัดอุทัยธานี ชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง พระนครศรีอยุธยา ปทุมธานี นนทบุรี และกรุงเทพมหานคร ก่อนออกสู่อ่าวไทยที่อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ

สภาพภูมิอากาศในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมและพายุหมุนเขตร้อน โดยลมมรสุมหลักแบ่งออกเป็นมรสุม

ตะวันออกเฉียงเหนือ (northeast monsoon) ในช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม และมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (southwest monsoon) ในช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคม และช่วงลมมรสุมเปลี่ยนทิศในช่วงเดือนกุมภาพันธ์และเมษายน [16] โดยปกติประเทศไทย จะมีพายุเคลื่อนผ่านเข้ามาได้โดยเฉลี่ยประมาณ 3 - 4 ลูกต่อปี ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่มีฤดูฝนและฤดูแล้งที่ต่างกันขึ้นอยู่กับอิทธิพลของลมมรสุมที่สลับกันพัดผ่านพื้นที่ สภาพทั่วไปของลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ มีอุณหภูมิเฉลี่ย 22 - 30 องศาเซลเซียส ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีระหว่าง 1,150 – 1,750 มิลลิเมตร และมีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีอยู่ประมาณ 1,100 – 12,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

รูปที่ 2 สภาพภูมิประเทศของลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา

2.2 แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า-น้ำหลาก (Rainfall-Runoff-Inundation model: RRI)

แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า-น้ำหลาก (Rainfall-Runoff-Inundation model: RRI) เป็นแบบจำลองประเภท Distributed model แบบ 2 มิติที่พัฒนาโดย International Center for Water Hazard and Risk Management (ICHARM) ซึ่งใช้ในการจำลองความสัมพันธ์ของน้ำฝนกับน้ำท่า และจำลองการเกิดน้ำท่วมไปพร้อมกัน [9] การไหลหลากบนพื้นผิวและการไหลในลำน้ำถูกจำลองแยกออกจากกัน โดยการไหลในลำน้ำจะถูกจำลองด้วยแบบจำลองคลื่นแบบพลศาสตร์ 1 มิติ (1D diffusive wave model) ส่วนการไหลหลากบนพื้นผิวจะจำลองด้วยแบบจำลองคลื่นแบบพลศาสตร์ 2 มิติ (2D diffusive wave model) ดังแสดงในรูปที่ 3 ส่วนการพิจารณาความสัมพันธ์ของน้ำเข้าและน้ำออก (inflow–outflow interaction) จะถูกคำนวณจากสมการที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับระดับน้ำและเงื่อนไขความสูงของเขื่อนกั้น แบบจำลอง RRI มีความยืดหยุ่นในการจัดการพารามิเตอร์ต่างๆ ในแต่ละกริด ไม่ว่าจะเป็นกระบวนน้ำฝน-น้ำท่า (rainfall-runoff process), กลไกการเกิดน้ำท่า, การไหลของน้ำภายใต้ผิวดิน (subsurface flow),

เมื่อ n คือสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning

การจำลองสภาพการไหลในลำน้ำ แบบจำลอง RRI จะทำการสมมติลักษณะของลำน้ำให้มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าเพื่อสะดวกต่อการคำนวณ และการใส่ค่าตัวแปรนำเข้า โดยจะมีความกว้างลำน้ำ (W) ความลึกลำน้ำ (D) และความสูงของตลิ่งหรือลำน้ำ (H_e) เป็นตัวแปรสำคัญในการคำนวณในแบบจำลอง ในกรณีที่พื้นที่ไม่มีข้อมูลหรือขาดการเก็บข้อมูลลักษณะรูปร่างลำน้ำ ความกว้างและความลึกของลำน้ำสามารถประมาณค่าได้จากการคำนวณตามสมการที่ 6 และ 7 โดยเป็นฟังก์ชันที่ขึ้นกับพื้นที่ของต้นน้ำในลุ่มน้ำ

$$W=C_W A^{S_W} \quad (6)$$

$$D=C_D A^{S_D} \quad (7)$$

โดย C_W, C_D, S_W และ S_D เป็นสัมประสิทธิ์เพื่อบ่งบอกลักษณะรูปร่างของลำน้ำและ A คือพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ [10]

2.3 การตั้งค่าแบบจำลอง

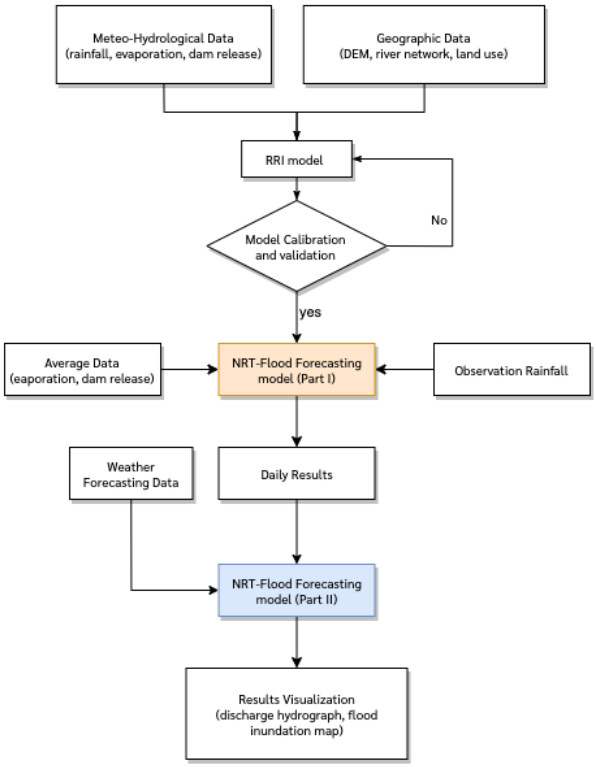
ข้อมูลที่ใช้สำหรับแบบจำลอง RRI ประกอบด้วยข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลทางกายภาพ ข้อมูลหน้าตัดลำน้ำ (Cross-section) และพารามิเตอร์อื่นๆ ของแบบจำลอง RRI [7-10, 17] ซึ่งข้อมูลนำเข้ามีความสำคัญอย่างมากต่อประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยได้พัฒนาจากการศึกษาก่อนหน้าที่ได้มีการปรับเทียบแบบจำลอง RRI ในลุ่มน้ำเจ้าพระยา ด้วยข้อมูลฝนปี พ.ศ.2554 แล้ว [9, 10, 18] โดยข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้แสดงดังตารางที่ 1 สำหรับขั้นตอนในการทำงานของระบบการคาดการณ์น้ำท่วมแบบ Near Real Time ดังแสดงในรูปที่ 4

ตารางที่ 1 ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง

ข้อมูล	แหล่งที่มา	รายละเอียด
ข้อมูลภูมิประเทศ	MERIT-Hydro [12]	ความละเอียด 1 กม.
ข้อมูลฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	- ข้อมูลฝนตรวจวัดรายวัน - ข้อมูลฝนคาดการณ์ล่วงหน้า 3-10 วัน ที่ความละเอียด 2-6 กม.
ข้อมูลการระเหย	กรมอุตุนิยมวิทยา	ข้อมูตรวจวัดเฉลี่ยรายวัน
ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	5 ประเภทหลัก ได้แก่ ป่าไม้ นาข้าว เกษตรกรรม พื้นที่เมืองและพื้นที่น้ำ
ข้อมูลหน้าตัดลำน้ำ	กรมชลประทาน	-
ข้อมูลปริมาณน้ำไหลออกจากอ่างเก็บน้ำ	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	ข้อมูลการปล่อยน้ำเฉลี่ยรายวัน ของเขื่อนภูมิพล และเขื่อนสิริกิติ์
ข้อมูลระดับน้ำและอัตราการไหล	กรมชลประทาน	ข้อมูลตรวจวัดรายวัน
ข้อมูลพื้นที่น้ำท่วม	สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)	ภาพถ่ายดาวเทียม

ในการพัฒนาแบบจำลอง NRT Flood Forecasting ขั้นที่ 1 ระบบจะทำการดึงข้อมูลฝนตรวจวัดรายสถานี รายชั่วโมง จากฐานข้อมูลของโครงการ Area-BCM รายวันในช่วงเวลา 08.00 น. และทำการกระจายข้อมูลฝนจากสถานีตรวจวัดลงสู่กริด ด้วยวิธี Inverse Distance Weighting (IDW) โดยใช้รัศมีในการทำ IDW ที่ 1° เพื่อใช้เป็นข้อมูลฝน สำหรับข้อมูลการคายระเหย จะใช้ข้อมูลเฉลี่ยเดือน และข้อมูลปริมาณน้ำไหลออกจากอ่างเก็บน้ำจะใช้ข้อมูลการปล่อยน้ำรายวันของเขื่อนภูมิพล และเขื่อนสิริกิติ์ เป็นข้อมูลนำเข้า ซึ่งผลลัพธ์จากแบบจำลอง NRT Flood Forecasting ขั้นที่ 1 ได้แก่ ระดับน้ำในลำน้ำ (hr) ระดับน้ำบนพื้นผิว (hs) และระดับน้ำในดินของ Green-Ampt จะถูกนำไปเป็นข้อมูลเริ่มต้นสำหรับการคาดการณ์น้ำท่วมแบบ Near Real Time โดยหลังจากนี้จะใช้ข้อมูล ค ดก ณรายชั่วโมงล่วงหน้า 3-10 วัน ของกรมอุตุนิยมวิทยามาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าเบื้องต้น โดยข้อมูล ค ดก ณล่วงหน้าของกรมอุตุนิยมวิทยามี 2 โดเมน คือความละเอียด 2 กม. ซึ่งเป็นข้อมูลรายชั่วโมงล่วงหน้า 3 วัน และความละเอียด 6 กม. ซึ่งเป็นข้อมูลรายชั่วโมงล่วงหน้า 10 วัน

สุดท้ายผลลัพธ์จากแบบจำลอง NRT Flood Forecasting ที่เป็นผลลัพธ์หลักของการศึกษานี้ ได้แก่ อัตราการไหลในแม่น้ำ (qr) ระดับน้ำในลำน้ำ (hr) ระดับน้ำบนพื้นผิว (hs) ซึ่งสามารถแสดงผลในลักษณะของชลภาพ (hydrograph) พื้นที่น้ำท่วม ระดับน้ำท่วมเฉลี่ย ระดับน้ำท่วมสูงสุด ระยะเวลาที่เริ่มเกิดน้ำท่วม ระยะเวลาที่ระดับน้ำสูงสุด และระยะเวลาน้ำท่วม



รูปที่ 4 ขั้นตอนการทำงานของระบบการคาดการณ์น้ำท่วมแบบ Near Real Time

2.4 การปรับเทียบและสอบทานแบบจำลอง RRI

ประสิทธิภาพของแบบจำลอง NRT Flood Forecasting สามารถประเมินได้จากสมการทางสถิติ Root Mean Square Error (RMSE), Correlation coefficient และ NSE ดังสมการที่ 8 ถึง 10 โดยเปรียบเทียบอัตราการไหลที่ได้จากแบบจำลองกับอัตราการไหลที่ตรวจวัดรายสถานีของกรมชลประทาน สำหรับประสิทธิภาพของแบบจำลองน้ำท่วม โดยกำหนด

ค่าที่ใช้ในการวิเคราะห์ออกเป็น 4 ค่าได้แก่ Hit, Miss, False alarm และ Correct rejection อย่างไรก็ตามเนื่องจากข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมที่ได้จากภาพถ่ายทางอากาศจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ไม่มีข้อมูลระดับความสูงน้ำท่วม ดังนั้นในเปรียบเทียบพื้นที่น้ำท่วมที่ได้จากแบบจำลองกับพื้นที่น้ำท่วมจากภาพถ่ายดาวเทียม ในเบื้องต้นจะกำหนดระดับความสูงของพื้นที่น้ำท่วมที่ได้จากแบบจำลอง 1 เมตรขึ้นไป ถือเป็นพื้นที่ที่เกิดน้ำท่วม โดยในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแบบจำลองน้ำท่วมสามารถประเมินได้จากสมการทางสถิติ Probability of detection (POD), False-alarm ratio (FAR), Critical success index (CSI) และ Accuracy (ACC) ดังแสดงในสมการที่ 11 ถึง 14

Simulation \ Observation	Yes	No
Yes	Hit	False alarm
No	Miss	Correct rejection

รูปที่ 5 ค่าที่ใช้ในการเปรียบเทียบแผนที่น้ำท่วม

$$RMSE=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Q_{o(i)}-Q_{s(i)})^2}{n}} \quad (8)$$

$$R^2=\frac{(\sum_{i=1}^{n}(Q_{o(i)}-\bar{Q}_o)\cdot(Q_{s(i)}-\bar{Q}_s))^2}{\sum_{i=1}^{n}(Q_{o(i)}-\bar{Q}_o)^2\cdot\sum_{i=1}^{n}(Q_{s(i)}-\bar{Q}_s)^2} \quad (9)$$

$$NSE=1-\frac{\sum_{i=1}^{n}(Q_{o(i)}-Q_{s(i)})^2}{\sum_{i=1}^{n}(Q_{o(i)}-\bar{Q}_o)^2} \quad (10)$$

$$POD=\frac{Hit}{Hit+Miss} \quad (11)$$

$$FAR=\frac{False}{Hit+False} \quad (12)$$

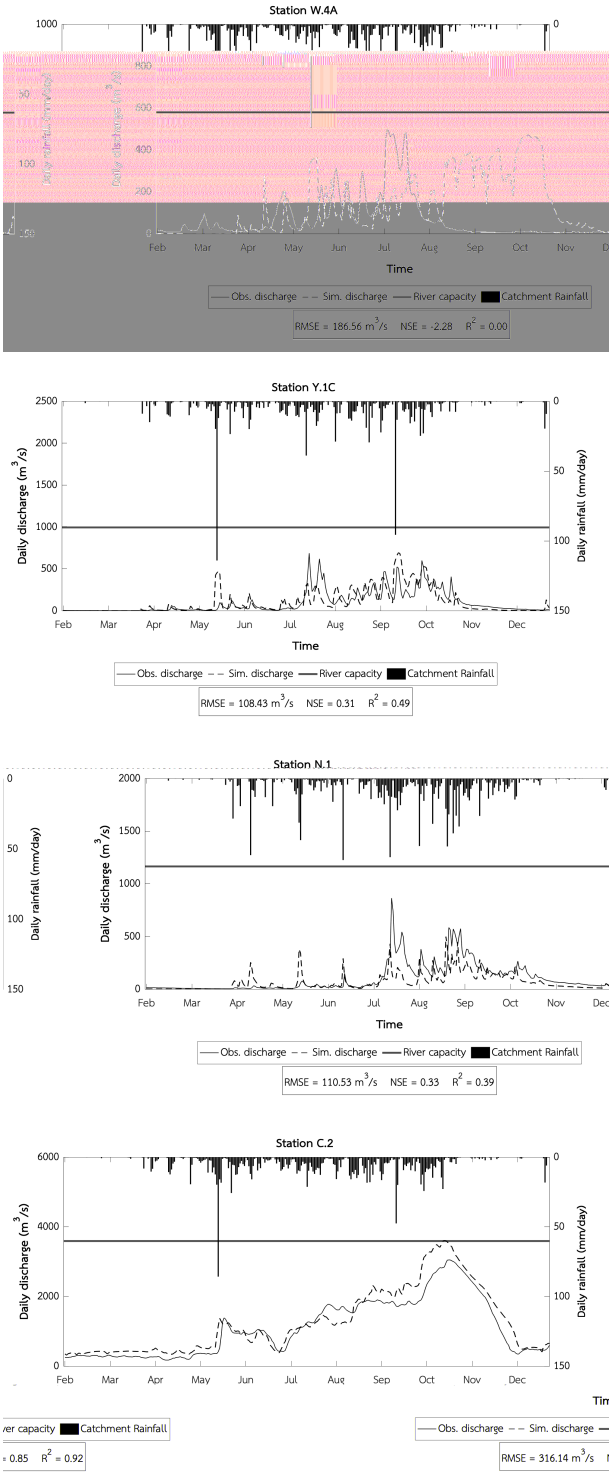
$$CSI=\frac{Hit}{Hit+Miss+False} \quad (13)$$

$$ACC=\frac{Hit+Corr.}{Hit+Miss+False+Corr.} \quad (14)$$

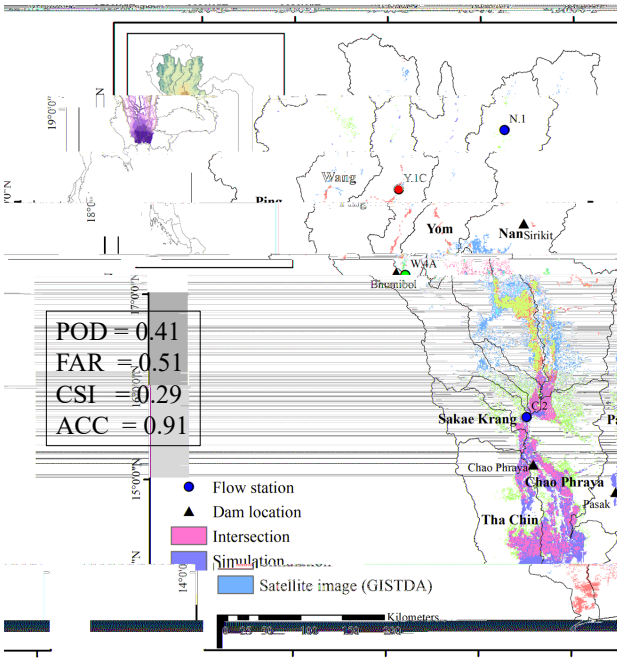
โดย Q_o คือ อัตราการไหลจากการตรวจวัด, Q_s คือ อัตราการไหลจากแบบจำลอง และ n คือ จำนวนตัวอย่าง

3. ผลการศึกษา

แบบจำลอง NRT Flood Forecasting เริ่มต้นทำงานเมื่อวันที่ 1 เมษายน พ.ศ.2565 อย่างไรก็ตามได้มีการสอบทานแบบจำลอง NRT Flood Forecasting ด้วยข้อมูลฝนปี พ.ศ.2560 ซึ่งพบว่าผลการจำลองน้ำท่ามีประสิทธิภาพดีในสถานี Y.1C, N.1 และ C.2 อย่างไรก็ตามกราฟน้ำท่าที่สถานี W.4A มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ดีในช่วงหน้าฝนแต่ไม่สามารถจำลองน้ำท่าในช่วงหน้าแล้งได้ ดังแสงในรูปที่ 6 อย่างไรก็ตามจากข้อมูลทางสถิติ อาจกล่าวได้ว่าแบบจำลองนี้ให้ประสิทธิภาพที่ยอมรับได้ โดยค่า NSE อยู่ในค่าที่ยอมรับได้เกือบทุกสถานี ยกเว้นสถานี W.4A เมื่อเปรียบเทียบแผนที่น้ำท่วมกับแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ในปี พ.ศ.2560 พบว่าพื้นที่น้ำท่วมหลักสอดคล้องกันบริเวณลุ่มน้ำยมตอนล่าง ลุ่มน้ำน่านตอนล่าง และลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบน แต่จะพบว่าแบบจำลอง NRT Flood Forecasting ไม่แสดงพื้นที่น้ำท่วมในบริเวณลุ่มน้ำปิงตอนล่าง โดยมีค่า Probability of detection หรือ hit rate ประมาณ 41% ดังแสดงในรูปที่ 7



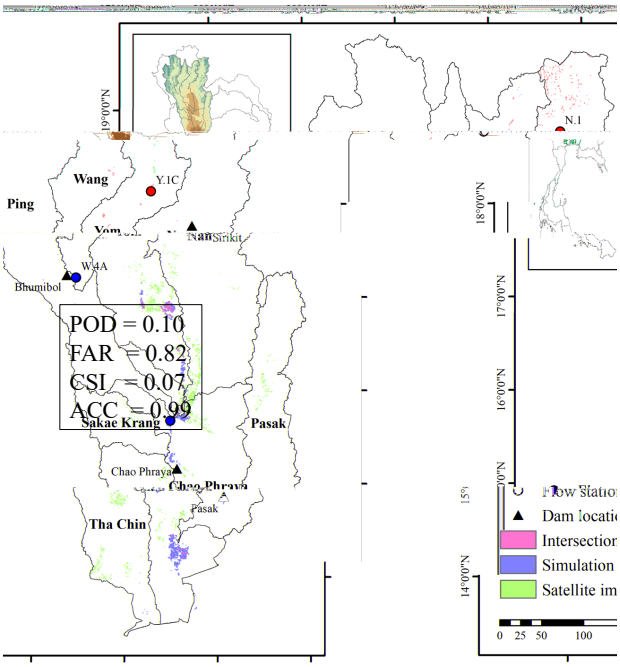
รูปที่ 6 การเปรียบเทียบข้อมูลอัตราการไหลที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลตรวจวัด ในปี พ.ศ.2560



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบแผนที่น้ำท่วมที่ได้จากแบบจำลองกับภาพถ่ายดาวเทียม ในปี พ.ศ.2560

ในส่วนของการคาดการณ์น้ำท่วม ในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ.2565 กรมอุตุนิยมวิทยาได้ออกประกาศคาดการณ์ว่าจะมีฝนตกหนักในภาคเหนือและภาคกลางของประเทศ ดังนั้นผู้เขียนจึงได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง NRT Flood Forecasting ในการคาดการณ์น้ำท่วมในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ จากการเปรียบเทียบแผนที่น้ำท่วมที่ได้กับแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) เมื่อวันที่ 10 กันยายน พ.ศ.2565 ดังแสดงในรูปที่ 8 พบว่าพื้นที่น้ำท่วมที่ได้จากแบบจำลองน้อยว่าตำแหน่งน้ำท่วมที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม โดยมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการคาดการณ์น้ำท่วม (POD) อยู่เพียง 10% และมีเปอร์เซ็นต์การแจ้งเตือนผิดพลาด (FAR) ถึง 82% ทั้งนี้ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจมาจากการนิยามของพื้นที่น้ำท่วมที่แตกต่างกัน โดยในการศึกษานี้พื้นที่น้ำท่วมที่ได้จากแบบจำลองจะคิดตั้งแต่ตำแหน่งที่มีน้ำท่วมสูง 1 เมตร ในขณะที่พื้นที่น้ำท่วมจากภาพถ่ายดาวเทียมแสดงพื้นที่น้ำท่วมเพียงอย่างเดียว ซึ่งไม่มีข้อมูลความสูงของน้ำท่วม ทำให้การเปรียบเทียบแผนที่น้ำท่วมนี้มีความคลาดเคลื่อนอยู่ สำหรับตำแหน่งพื้นที่น้ำท่วมในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง (จ.อยุธยา และ กทม.) ซึ่งจากแบบจำลองพบน้ำท่วมแต่ในความจริงไม่เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมนั้น ข้อผิดพลาดนี้เกิดจากโครงสร้างป้องกันน้ำท่วม เช่น เขื่อนกั้นน้ำและพื้นที่กักเก็บน้ำ ซึ่งในแบบจำลองไม่ได้นำข้อมูลโครงสร้างเหล่านี้เข้าไปใช้ในแบบจำลอง

จากการศึกษาเพิ่มเติมพบว่าในปัจจุบันแบบจำลอง RRI ยังรับข้อมูลเริ่มต้นได้เพียงระดับน้ำในลำน้ำ (hr), ระดับน้ำบนพื้นผิว (hs), และระดับน้ำในดินของ Green-Ampt ซึ่งยังไม่สามารถนำข้อมูลอัตราการไหลในลำน้ำ (qr) ได้ ซึ่งจากข้อจำกัดนี้ส่งผลถึงความคลาดเคลื่อนในการจำลอง จากการเปรียบเทียบผลการจำลองน้ำท่าโดยใช้ข้อมูลฝนเดียวกัน แต่แบ่งการจำลองออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีที่มีการจำลองในระยะยาว (long run) กับอีกกรณีคือการจำลองรายวันและใช้ข้อมูลระดับน้ำในลำน้ำ (hr), ระดับน้ำบนพื้นผิว (hs), และระดับน้ำในดินของ Green-Ampt ที่ได้จากการจำลองก่อนหน้าเป็นข้อมูลเริ่มต้นในเวลาถัดไป (initial run) พบว่าผลการจำลองอัตราการไหลที่ได้มีความแตกต่างกันพอสมควร ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบแผนที่น้ำท่วมที่ได้จากแบบจำลองกับภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 เมื่อวันที่ 10 กันยายน พ.ศ.2565

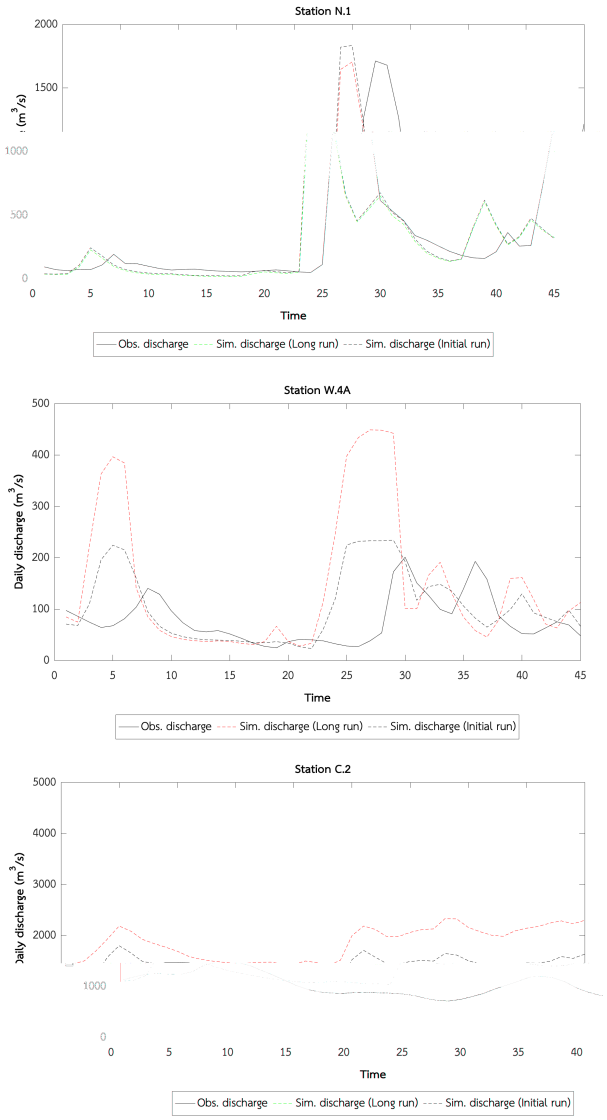
4. บทสรุป

ในการศึกษานี้นำเสนอแนวทางการคาดการณ์น้ำท่วมแบบ Near Real Time ในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ ด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า-น้ำหลาก (RRI model) โดยใช้ข้อมูลน้ำฝนพยากรณ์ล่วงหน้า 10 วันของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการคาดการณ์น้ำท่วมแบบ Near Real Time ทั้งความสูงและอัตราการไหลในแม่น้ำ และแผนที่น้ำท่วมจะถูกนำไปใช้ในการเตือนภัยล่วงหน้าซึ่งอาจช่วยลดความเสียหายจากน้ำท่วมได้ อย่างไรก็ตามแบบจำลอง NRT Flood Forecasting ยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่ ซึ่งอาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนสะสมเนื่องจากแบบจำลอง NRT Flood Forecasting มีการจำลองน้ำท่วมในทุกวันตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2565 ทั้งนี้การศึกษานี้เป็นเพียงการศึกษาขั้นแรกโดยหลังจากนี้จะมีการปรับปรุงและพัฒนาแบบจำลอง NRT Flood Forecasting เพิ่มเติม ให้มีการนำข้อมูลอัตราการไหลสำหรับเป็นข้อมูลเริ่มต้นให้แบบจำลอง เพื่อที่จะนำไปสู่การพัฒนาต่อไปให้แบบจำลอง NRT Flood Forecasting มีความถูกต้องและแม่นยำยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นภายใต้หัวข้อ “Regional Resilience Enhancement through Establishment of Area-BCM at Industry

Complexes in Thailand" โดยเป็นส่วนหนึ่งของโครงการ "Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development (SATREPS)" ซึ่งสนับสนุนโดย Japan Science and Technology Agency (JST) และ Japan International Cooperation Agency (JICA). ทั้งนี้ผู้เขียนขอขอบคุณกรมอุตุนิยมวิทยาสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนและการระเหยของน้ำ, กรมพัฒนาที่ดิน สำหรับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน, การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) สำหรับข้อมูลอัตราการปล่อยน้ำของเขื่อน, กรมชลประทาน สำหรับภาพตัดขวางลำน้ำและอัตราการไหลในแม่น้ำ และสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) สำหรับภาพถ่ายดาวเทียมเหตุการณ์น้ำท่วม



รูปที่ 9 การเปรียบเทียบอัตราการไหลที่ได้จากการจำลองในกรณี long run และ initial run

เอกสารอ้างอิง

1. ก งก ณ . (2558). ก งก ณ ช . . *2558*. ก ง . 136.
2. , . . . (2016). *Developing a strategic flood risk management framework for Bangkok, Thailand.* . **84**(2): . 933-957.
3. B , *THAI FLOOD 2011 Rapid Assessment for Resilient Recovery and Reconstruction Planning - Overview*. 2012: . . 12.
4. , . . . (2017). *Simulating past severe flood events to evaluate the effectiveness of nonstructural flood countermeasures in the upper Chao Phraya River Basin, Thailand.* : . **10**: . 82-94.
5. C , C., . , . . (2015). *Simulation of Modeling Approach for Flood Condition and Proposed Flood Protection at Midstream of Chao Phraya River Basin, Thailand.* A E . **3**(3): . 84-94.
6. C A (CA), *Executive Summary of the Flood Management Plan for the Chao Phraya River Basin in the Kingdom of Thailand*. 2013.
7. , . . . (2016). *Effect of satellite based rainfall products on river basin responses of runoff simulation on flood event.* E E . **2**(3).
8. , . . . (2020). *Effect of DEM sources on distributed hydrological model to results of runoff and inundation area.* E E . **7**(3): . 1891-1905.
9. , ., . , . , . , . F . (2012). *Rainfall–runoff–inundation analysis of the 2010 Pakistan flood in the Kabul River basin.* . **57**(2): . 298-312.
10. , ., . , . , . . (2015). *Hydrologic sensitivity of flood runoff and inundation: 2011 Thailand floods in the Chao Phraya River basin.* E . **15**(7): . 1617-1630.
11. , ., . , . . (2017). *An emergency response-type rainfall-runoff-inundation simulation for 2011 Thailand floods.* F . **10**(1): . 65-78.

12. , .C., . , . , . , A. , . , D. . (2020). *Assessing Flood Risk of the Chao Phraya River Basin Based on Statistical Rainfall Analysis.* D . **15**(7): . 1025-1039.

13. , ., . , . , . , C. , . , . . D. . (2020). *Comparison of gridded precipitation datasets for rainfall-runoff and inundation modeling in the Mekong River Basin.* . **15**(1): . 0226814.

14. , ., . , C. C , A. C , C. E , . , ... (2014). *A quasi-real-time hydrological simulation of the Chao Phraya River using meteorological data from the Thai Meteorological Department Automatic Weather Stations.* . **8**(1): . 9-14.

15. กง ก งช , *22* ชก ฎก ก ด . *.2564*. 2564: ก ง ค .

16. ก . . 2023 1 ค ; A : ://3. . . / / .

17. , ., . , A . (2021). *Impact of climate change on flood inundation in a tropical river basin in Indonesia.* E . **8**(1).

18. , A., B. , . , D. , .C. , . . (2022). *An Approach to Flood Hazard Mapping for the Chao Phraya River Basin Using Rainfall-Runoff-Inundation Model.* D . **17**(6): . 864-876.